

Total flight time : 2195 days (2014days 13hours 32minutes)  
 Launch time : 2014/02/13 21:21:04 JST  
 Capsule landing time : 2020/12/6 02:54 JST

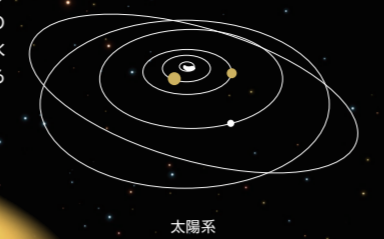
Total flight distance : 5,240,000,000 km  
 Earth to Ryugu : 3,100,000,000 km  
 Near Ryugu : 1,320,000,000 km  
 Ryugu to Earth : 620,000,000 km

Extended Mission

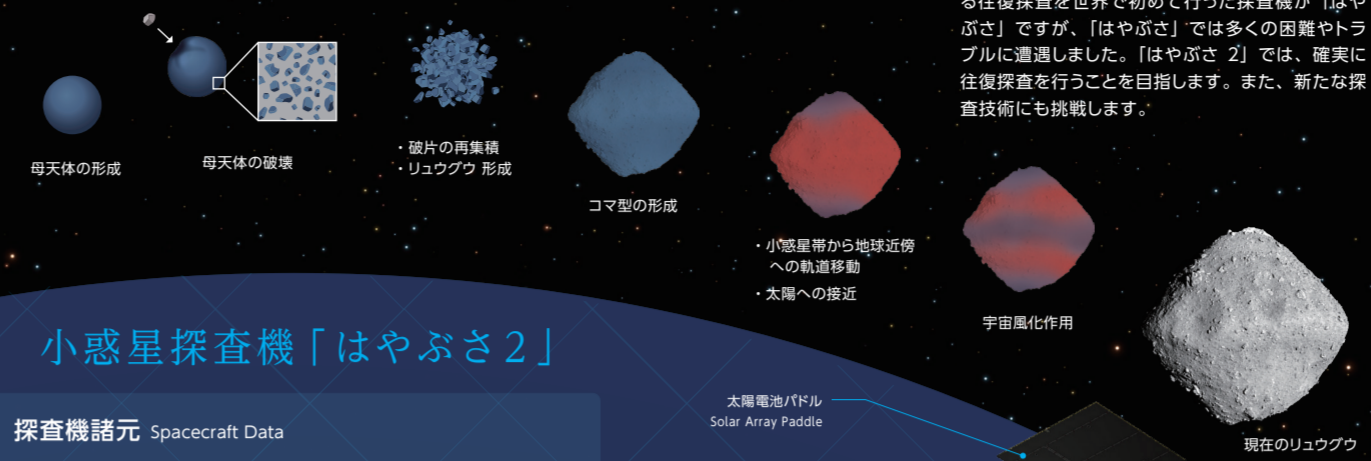


## 科学目標

小惑星リュウグウには、太陽系が生まれた約46億年前の物質（鉱物、水、有機物など）があまり変化せずに残っている可能性があります。リュウグウの物質を調べることで、地球のような惑星がどのような物質から生まれたのか、そして、地球の水や生命を作る物質がどこから来たのかを解明することを目指しています。



## リュウグウの進化



## 工学目標

月よりも遠くにある天体に着陸して地球に戻ってくる往復探査を世界で初めて行った探査機「はやぶさ」ですが、「はやぶさ2」では多くの困難やトラブルに遭遇しました。「はやぶさ2」では、確実に往復探査を行うことを目指します。また、新たな探査技術にも挑戦します。

はやぶさ2が地球帰還時に撮影した地球  
 The Earth taken by Hayabusa2 when it returned to Earth  
 Dec. 6, 2020, 09:00 JST, 130,000km from the Earth center

小惑星リュウグウ  
 1999/5/10に米国LINEARプロジェクトが発見し、1999 JUB という仮符号が付けられました。その後、162173 という確定番号が付き、2015/9/28に国際天文学連合によって Ryugu と命名されました。

# 小惑星探査機 はやぶさ2 2195日+α の軌跡

Asteroid Explorer HAYABUSA2  
2195days +α of history



## マクロからマイクロまでの惑星科学

はやぶさ2プロジェクトでは、リュウグウという小惑星を、広いスケールに渡って調べています。地球からの望遠鏡による観測、探査機に搭載したリモートセンシング機器による観測、ランダー・ローバによる着陸しての観測、そして、サンプルを地球に持ち帰ってからの詳細な分析。このようなマクロからマイクロに渡ってリュウグウについて詳しく調べることで、太陽系の誕生や進化について解明することができます。

## 工学上の世界初の挑戦

はやぶさ2プロジェクトでは、いろいろな技術にも挑戦しました。世界で初めて成功したことは次のようになります。

- 1 小型探査ロボットによる小天体表面の移動探査
- 2 複数の探査ロボットの小天体上への投下・展開
- 3 小惑星での人工クレーターの作成とその過程・前後の詳細観測
- 4 天体着陸精度 60cmの実現
- 5 同一天体 2地点への着陸
- 6 地球圏外の天体の地下物質へのアクセス
- 7 最小・複数の小天体周回人工衛星の実現
- 8 地球圏外からの気体状態の物質のサンプルリターン
- 9 C型小惑星の物質のサンプルリターン

### 望遠鏡による観測

#### 地球からの観測

軌道長半径	1.19au
軌道離心率	0.19
軌道傾斜角	5.9°
公転周期	1.3年
自転周期	7.6時間
スペクトル型	C型
輝光度	53%(太陽系小天体として最大)

#### ONCによる観測

「はやぶさ2」が初めて撮影したリュウグウ

(2018/2/26、距離約130万 km)

### 探査機による観測

#### ONCによる観測

高度20kmより

(2018/6/30)

形は「そろばんの珠」そっくり  
過去の自転周期が3.5時間くらいだと仮定すると、遠心力がこの形が説明できる

高度6kmより

(2018/7/20)

表面はデコボコだらけで広い平らな場所が無い  
リュウグウの誕生過程を知る手がかり

高度42mより

(2018/10/15)

#### 物理データの取得

カラー写真 (ONCT)

色が黒い  
炭素が多く含まれている

表面温度の観測 (TIR)

夕方方向の撮影。青色(最低温度)は約-50℃で、赤色(最高温度)は約60℃。

探査機-リュウグウ間距離の精密測定 (LIDAR)

リュウグウの周りの探査機の精密な軌道推定  
リュウグウの質量推定

近赤外線反射スペクトルの観測 (NIRS3)

2.7μm付近に吸収が見られる  
リュウグウ表面に含水鉱物がある

#### 人工衛星実験

3つの人工物体をリュウグウを周回する人工衛星に  
リュウグウの重力場の精密推定(リュウグウ内部の密度の違い)

ターゲットマーカ EとCの分離 (2019/9/17)

MINERVA-IIローバ2の分離 (2019/10/3)

### 着陸機・ローバによる観測

#### 着陸機・ローバによる観測

MINERVA-II が撮影したリュウグウ表面

(2018/9/22)

MASCOT が撮影したリュウグウ表面

(2018/10/3)

- ・カリフラワー状の表面をした岩塊
- ・残留磁気無し

#### 衝突装置による実験

衝突によりリュウグウから放出されたエジェクタ

(2019/4/5) スケールは 25m

人工クレーター

衝突前 (2019/3/22) 衝突後 (2019/4/25)

クレーター：リム直径約 17.6m リム頂上からの深さ約 2.7m

想定より大きいクレーターが形成  
リュウグウの表面強度は小さい

探査機からの観測で分かっていたこと

自転の向き	逆行自転(行動傾斜角172°)
半径	赤道 502±2m 極 438m±2m
質量	(4.50±0.06) × 10 <sup>22</sup> kg
体積	(3.77±0.05) × 10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup>
密度	1.19±0.02g/cm <sup>3</sup>
空隙率	50%以上
スペクトル型	Cb
平均幾何アルベド	4.0±0.5%
平均標準反射率 <sup>①</sup>	1.87±0.14%

空隙率が大きい  
リュウグウはラッパバル構造(「がれき」の寄せ集め)

### キュレーションによる調査・サンプル分析

#### 採取されたリュウグウのサンプル

1回目のタッチダウンより

A室

(2019/2/22)

2回目のタッチダウンより

C室

(2019/7/11)

採取されたサンプルの量

A室：約 3.2g  
C室：約 2.0g  
その他：約 0.2g  
総量：約 5.4g

#### サンプルの初期記載

鉱物-水-有機物相互作用

リュウグウ試料と探査機データの赤外反射スペクトルの比較

Yada et al. 2021

水・有機物に富み、太陽系初期の情報を保持する原始物質  
NH基・OH基・炭酸塩・有機物に富むサブミクロメートル粒子の存在

クリーンチャンバー

#### サンプル分析

アミノ酸のキラリティー(鏡像異性体)

左手型(L体)と右手型(D体)のアミノ酸

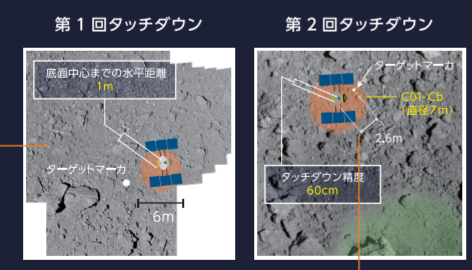
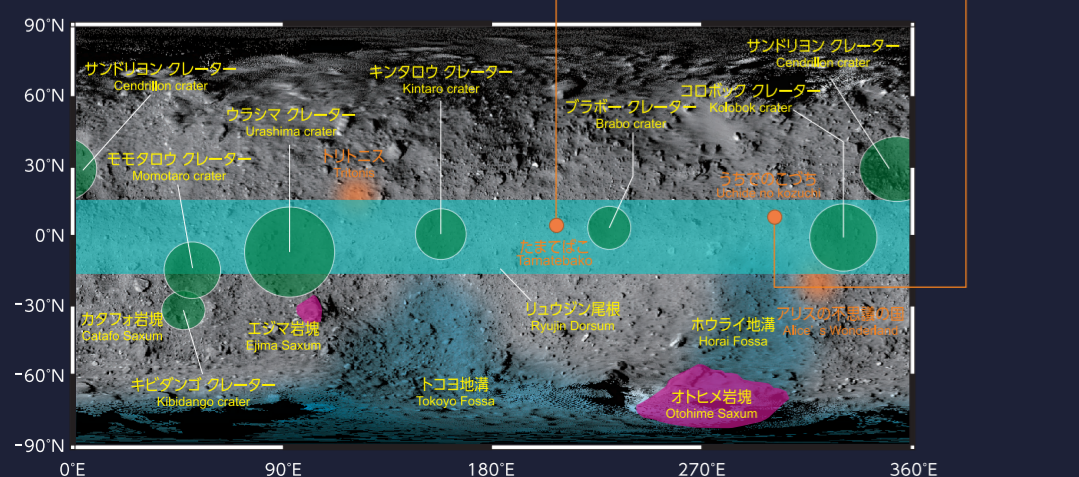
#### 主な研究テーマ

- X線分光計・電子顕微鏡・質量分析計などを用いた鉱物・有機物同定
- 放射性同位体比測定による年代決定
- 安定同位体比測定による起源や形成条件の決定



### 小惑星リュウグウ 表面の地名

トリトニス (MINERVA-II-1 の着陸地)、アリスの不思議の国 (MASOCOT 着陸地)、たまてばこ (1 回目のタッチダウン地点)、うちでのこづち (2 回目のタッチダウン地点)、また人工クレーター関連名称はニックネーム (愛称) で、国際天文学連合 (IAU) に認められた地名ではない。他の地名は IAU で認められた正式名称。



*A. Yoshida*